

JC511 U.S. PTO
09/185550



PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: November 17, 1997

Application Number: Patent Application
No. 09-314699

Applicant(s): FUJITSU LIMITED

March 27, 1998

Commissioner,
Patent Office Hisamitsu Arai

Certificate No. 10-3022259

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JCS11 U.S. PTO
09/185550
11/04/98

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1 9 9 7 年 1 1 月 1 7 日

出 願 番 号
Application Number:

平成 9 年特許願第 3 1 4 6 9 9 号

出 願 人
Applicant (s):

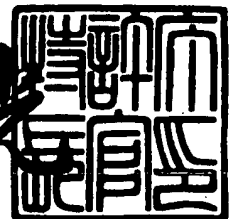
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

1 9 9 8 年 3 月 2 7 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

荒井 寿光



出証番号 出証特平 10-3022259

【書類名】 特許願

【整理番号】 9704738

【提出日】 平成 9年11月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 17/00

【発明の名称】 センサデータ処理方法、センサデータ処理装置およびそのプログラム記憶媒体

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 関口 実

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100087848

【弁理士】

【氏名又は名称】 小笠原 吉義

【電話番号】 03-3807-1151

【選任した代理人】

【識別番号】 100074848

【弁理士】

【氏名又は名称】 森田 寛

【選任した代理人】

【識別番号】 100087147

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 文廣

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012586

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707817

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 センサデータ処理方法、センサデータ処理装置およびそのプログラム記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項1】 センサから得られたデータを処理するセンサデータ処理方法であって、

センサからの入力を直接または加工して分類したデータ群を、分類ごとに用語を付けて用語付きデータベースとして保持し、

あるセンサ入力があったときに、前記用語付きデータベースを用いて、そのセンサ入力を分類し、分類結果を出力し、

あるセンサ入力について、前記用語付きデータベースに分類されているデータ群のどれにも類似しないと判断したときに、それらのデータを分類して一時的に記憶し、

前記一時的に記憶されたデータ群に対し用語を付与して、前記用語付きデータベースに格納する

ことを特徴とするセンサデータ処理方法。

【請求項2】 センサから得られたデータを処理するセンサデータ処理装置であって、

1または複数のセンサから入力されたセンサデータから、ある特徴量を抽出する特徴抽出手段と、

抽出した特徴量に基づいて、前記センサデータを分類する特徴比較・分類手段と、

分類されたセンサデータのデータ群に対して用語が付与されていない場合に、分類ごとに用語を付与する用語付与手段とを有する

ことを特徴とするセンサデータ処理装置。

【請求項3】 請求項2記載のセンサデータ処理装置において、

前記特徴比較・分類手段により、入力センサデータがすでに用語が付与されたデータ群の一つに分類されたとき、その用語を状況の判断に用いる状況判断手段を有する

ことを特徴とするセンサデータ処理装置。

【請求項4】 請求項2記載のセンサデータ処理装置において、

前記用語付与手段は、用語が付与されていないセンサデータのデータ群に用語を付与する際に、ユーザに適当な用語を提示するように質問し、ユーザからの入力によって用語を付与する

ことを特徴とするセンサデータ処理装置。

【請求項5】 センサから得られたデータを処理するセンサデータ処理装置を実現するためのプログラムを記憶した記憶媒体であって、

センサからの入力を直接または加工して分類したデータ群を分類ごとに用語を付けて記憶する用語付きデータベースを用いて、あるセンサ入力があったときに、そのセンサ入力を分類し、分類結果を出力する処理と、

あるセンサ入力について、前記用語付きデータベースに分類されているデータ群のどれにも類似しないと判断したときに、それらのデータを分類して一時的に記憶する処理と、

前記一時的に記憶されたデータ群に対し用語を付与して、前記用語付きデータベースに格納する処理とを

計算機に実行させるプログラムを記憶した

ことを特徴とするセンサデータ処理装置のプログラム記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えばロボット等に用いられているセンサからのデータの処理技術に係り、センサデータから状況判断を容易にするセンサデータの分類法と記憶法および記憶したデータの利用法を提供するセンサデータ処理方法、センサデータ処理装置およびそのプログラム記憶媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般的なセンサデータの処理方法では、センサデータにある数値的な加工を行って何らかの特徴を抽出し、その特徴に応じて、次の処理方法を決定あるいは変

更するという手順が取られている。この際、センサデータから得られる特徴量から何らかの状況判断を行い、次の処理方法を決定するのであるが、次の処理で期待される特徴量とその値や分類はあらかじめ決まっているので、決められた手順以外では状況判断をすることはできなかった。

【0003】

また、ロボット等に用いられているセンサは、ある種の状態や状態の変化を測定するための機器であり、得られたセンサデータからは、その場の状況や状態が正しく判断できることが望ましい。しかし、一般にセンサデータは膨大であるし、ノイズ等の影響で誤差を多く含んでいる場合がほとんどであり、センサデータの数値の羅列から簡単に状況判断を行うことは非常に困難であった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

以上のように、センサデータはある種の状態量や状態の変化を測定できるものでありながら、人間がセンサデータを見てもそれは適当に分類されていないので、それを見ただけではどのような状況なのか判断することは難しかった。また、センサデータから得られる特徴量には系統的な名称を付与することはなく、仮に名称を付与することがあったとしてもそれは機械的な意味の無い名称であるため、人間がその名称からすぐにセンサデータが表す状態を連想することができないという欠点があった。

【0005】

本発明は上記問題点の解決を図り、センサデータの新しい分類手段を提供し、膨大なデータを効率よく簡略化して記憶し、状況判断が必要になったときに取り出して比較することにより、容易に状況判断を行い、状況に応じた処理を実行できるようにすることを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明は、例えば図1に示すような構成を取る。

特徴抽出手段2は、センサ等の情報入力装置1から得られるセンサデータから特徴を抽出する。特徴比較・分類手段3は、特徴抽出手段2により抽出した特徴

Tと用語付きデータベース6に用語付きで登録されたデータ群とを比較し、類似するデータ群があればその用語を状況判断手段4に通知し、類似するデータ群がなければ、その特徴Tを用語未決定データベース7に分類されているデータ群の一つに分類するか、または新しい分類を作成して、用語未決定データベース7に保存する。

【0007】

状況判断手段4は、特徴Tが一致するデータ群の用語に基づいて、その状況を判断する。用語Bを持つデータ群8は、特徴Tが一致するとみなされたデータ群である。

【0008】

用語付与手段5は、用語未決定データベース7のデータ群に、人間が理解できる用語を付与し、用語付きデータベース6に登録する。データ群削除手段10は、一定期間が経過しても用語が付与されなかった不要と考えられるデータ群を用語未決定データベース7から削除する。

【0009】

用語未決定データベース7は、用語付きデータベース6に登録されている用語付きのデータ群と一致しなかった特徴Tを用語が付与されるまで、または所定の期間が経過するまで保存するデータベースである。生データ保存用データベース9は、情報入力装置1から入力したデータをそのまま記憶し保存しておくデータベースである。なお、生データ保存用データベース9に特徴抽出手段2が抽出した特徴量を、生データとともに記憶するようにしてもよい。

【0010】

情報入力装置1は、1種類であっても複数種類であってもよく、また、これらから入力され特徴量抽出の対象となるデータは、ある1時点におけるデータでも、時系列のデータの並びであってもよい。

【0011】

用語付与手段5は、ユーザからの指示により起動されるか、または所定の契機で自動的に起動され、用語未決定データベース7に保存されている用語が付与されていないセンサデータのデータ群に用語を付与するために、ユーザに適当な用

語を提示するように質問し、ユーザからの入力によってデータ群に用語を付与する。用語が付与されるまでは、用語未決定データベース7に保存するデータ群に仮の名称となる符号を付与し、ユーザからの入力によって先に付与した符号を入力された用語に変更する。

【0012】

また、用語付与手段5は、ユーザに適当な用語を提示するように質問する際に、そのデータ群が静的な特徴量に関するものである場合には、名詞を付与することを示唆する情報を表示し、そのデータ群が例えば時系列データであって、動的な特徴量または状態変化を表す特徴量に関するものである場合には、動詞を付与することを示唆する情報を表示する。さらに、何らかの状態を表すセンサデータの特徴量に対しては、例えば形容詞の用語を付与することをユーザに勧めるようにしてもよい。

【0013】

以上の各処理手段を計算機によって実現するためのプログラムは、計算機が読み取り可能な可搬媒体メモリ、半導体メモリ、ハードディスクなどの適当な記憶媒体に格納することができる。

【0014】

特徴抽出手段2は、一般的な計算機とソフトウェアプログラムによって構成することもできるが、これらの一部または全部を、入力と出力が同一の値をとる多段の階層型ニューラルネットを用いて構成することもできる。このとき、特徴量の抽出のため、センサデータをその階層型ニューラルネットに入力し、その入力と出力層以外の中間層からの出力パターンによってセンサデータを分類する。

【0015】

本発明の作用は、以下のとおりである。

センサ等の情報入力装置1から得られるセンサデータは、特徴抽出手段2においてセンサデータの持つ種々の特徴（例えば、形状や色など）が抽出される。抽出した特徴Tは、用語付きデータベース6に登録されたデータ群と特徴比較・分類手段3において比較される。用語付きデータベース6のデータ群には、適当な用語（用語A）が付与されている。

【0016】

仮に、特徴Tと用語付きデータベース6に登録されているいずれかのデータ群とがある基準に従って一致すると見なされる場合、一致ありのほうに分岐して、そのセンサが示す状態あるいは状況を状況判断手段4を用いて判断する。図1では、用語Bで示されるデータ群8と一致したものとされている。

【0017】

特徴比較・分類手段3で特徴Tが用語付きデータベース6のどのデータ群にも一致しないと見なされた場合には、特徴Tは用語未決定データベース7に登録される。このとき、用語未決定データベース7中に特徴Tと一致するものがあればそのデータ群に追加され、もし一致するものがなければ新たなデータ群として登録される。

【0018】

用語未決定データベース7中のデータ群は、ある一定の基準で用語付与手段5によって適当な用語が付与される。用語付与手段5は、ユーザ（オペレータ）に質問をしたりすることにより、用語未決定のデータ群に対して、その特徴を最もよく表すような適当な用語を付与する。用語を付与されたデータ群は、用語付きデータベース6に登録される。

【0019】

付与する用語の決定に際しては、データ群の特徴に応じて用語が付与される。データ群が静的な特徴量（時間変化しない状態など）を持つデータの集合である場合には、名詞的な用語を提示するようにユーザに指示する。データ群が状態変化を伴うような動的な特徴量を持つデータの集合（移動する物体の位置変化など）である場合には、動詞的な用語を提示するようにユーザに指示する。また物体の状態を表すような特徴量を持つデータの集合（色や重さなど）である場合には、形容詞的な用語を提示するようにユーザに指示する。

【0020】

上記の処理を通じて、本発明は、情報入力装置1から得られたセンサデータを、人間にとって意味のある名称（用語）で分類することにより、センサデータからの状況判断を容易にすることが可能となる。具体的には、この用語によって実

行すべき命令を決定するためのプログラミングを容易に行うことができ、また音声その他により状況を知らせるというようなことも可能になり、センサデータに基づいて何らかの動作を決定することが容易に行えるようになる。

【0021】

図2は、本発明を実現するためのハードウェア構成例を示す図である。

図1に示す情報入力装置1として例えばセンサ20があり、センサ信号は、計算機21で取得する。取得したデータおよび特徴量、用語付きデータベース6、用語未決定データベース7などは、ハードディスク等の記憶装置22に蓄えられる。特徴抽出、特徴分類、状況判断等の処理は、計算機21内で行う。状況判断結果は、ディスプレイ装置23や音声合成装置24等で人間に提示される。状況判断結果によってアクチュエータ25を制御する場合には、状況判断結果によって選択された制御情報により、例えば前進、後退、回転等の何らかの作業が行われる。

【0022】

また、ディスプレイ装置23や音声合成装置24等は、用語付与時に人間に質問する際にも利用される。人間が用語を入力するときは、キーボードやマウス、音声認識装置等から入力することが考えられるが、これは、一種のセンサといえるので、これら計算機21への入力デバイスは、すべてセンサ20として示している。

【0023】

計算機21は、1または複数のプロセッサ(CPU)とプログラムや制御用のデータが格納されたメモリとから構成される。計算機21内に、階層型ニューラルネット等のニューロコンピュータを含んでもよい。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、移動ロボットに適用した例について図面を用いて説明する。

【0025】

図3は、超音波センサを持つ移動ロボットがある環境に置かれている図を示し

ている。ここでは、超音波センサデータのみを考えるが、本発明におけるセンサデータは、同一種類のものに限る必要はない。例えば、ロボット30の位置(X, Y)やその方向 θ を含んだセンサデータでも構わない。この移動ロボット30は、図1の情報入力装置1として超音波センサ31を備えていることになる。超音波センサ31は外周に例えば8個付いており、センサ位置からある物体までの距離を測定することが可能である。

【0026】

この例でのロボット30が置かれている環境は、壁32で挟まれた廊下33があり、廊下33の端部に右コーナ34、T字路35、左コーナ36、行き止まり37等がある。

【0027】

8個の超音波センサ31を用いて、ある位置で測定したセンサの値をUとする。Uは8個の距離データからなるベクトルである。ロボット30を移動させて、あるサンプリング時間間隔で超音波センサ31の値を測定する。

【0028】

超音波センサ31から得られる距離データは、廊下のような場所では左右の距離が短く、前後の距離が長いので、超音波センサ31の出力もそのような状態になるはずである。廊下を通る間、ロボット30は同じような状態の超音波センサデータをたくさん取得することになる。

【0029】

図4は、超音波センサデータの一例を表している。

1から8までの各方向の物体までの距離を計測する超音波センサが8個あり、各々が10メートルまでの距離を測定できるものと想定する。例えば、図4(a)に示した幅2メートル、前後20メートルの長方形空間では、図のA、B、Cの位置に対応する超音波センサデータは、図4(b)のようになる。この場合において、ロボットの半径は0.4メートルとし、超音波センサはロボットの表面に設置されているものとした。

【0030】

次に、本発明を構成する各処理機構の具体例を詳しく説明する。

〔1〕情報入力装置

情報入力装置1（この実施の形態では、超音波センサ31）からデータ入力があると、データは、特徴抽出手段2に送られる。特徴抽出手段2内に、もし、あらかじめ決められた特徴抽出手法が指定されているならば、それに沿った特徴抽出が行われる。特徴を抽出する前の生データは捨てられるか、または生データ保存用データベース9に保存される。時系列データから特徴を抽出するような場合もあるので、保存しておいた方が望ましく、基本的には生データ保存用データベース9に入力データを保存する。

【0031】

〔2〕特徴抽出手段

特徴抽出手段2には、あらかじめ指定された特徴抽出手法が用意されている。この特徴抽出手段2のフローチャートを図5に示す。特徴抽出手法は二つ以上あってもよい。その場合、抽出される特徴量はベクトル量となる。 T_0 から T_{n-1} までの n 個の特徴量を抽出するものとする、まずセンサデータを入力し（図5のS1）、 i を0に初期化する（S2）。その後、特徴量 T_i を抽出し（S4）、 i をインクリメントしながら（S5）、特徴量の抽出を繰り返して、 i が n になったら終了する（S3）。

【0032】

この際、何ら特徴を抽出せず、入力されたデータそのものを特徴抽出結果とすることも考えられる。この場合には、センサデータそのものが特徴となる。ただし、保存するデータ容量が大きくなるので効率的でない。したがって、ここでは、前後の距離が長くて、左右が短いといったセンサの特徴を抽出するものとする。これには、図4における超音波センサデータの前後の距離と左右の距離の比を特徴量として用いる。この特徴量 T は、例えば、次式のようなものを用いる。

【0033】

$$T = (U1 + U5) / (U3 + U7)$$

U_n は、 n 番目の超音波センサのデータを示す。図4（b）のデータを代入すると、Aの位置における特徴量 T_A は12.2、Bの位置における特徴量 T_B は16.0、またCの位置における特徴量 T_C は12.2となる。十字路や広い部

屋の真ん中にいるときには、前後、左右の距離がほぼ等しく、特徴量 T はほぼ1に近い値となる。したがって、例えば $T > 10$ というような基準で元の超音波センサデータを分類すると、ロボットが廊下にいるのかそうでないかを判断する基準となる特徴量 T が得られる。ここで、得られた特徴量 T は、特徴比較・分類手段3に送られる。

【0034】

次に、また新たなセンサ入力 that 得られると、先と同じ方法で、特徴抽出が行われ、抽出された特徴量 T は、特徴比較・分類手段3に送られる。一方、生データは、生データ保存用データベース9に保存される。なお、特徴量についても、生データとともに生データ保存用データベース9に保存してもよい。

【0035】

特徴抽出手段2で抽出する特徴量は、対象とするデータから得られる何らかの特性を抽出したものなら何でもよく、もし、適当な特徴量が得られない場合には、データそのものを特徴量とすればよい。

【0036】

センサデータには、時間に依存しない静的なデータと、時間に依存して変化する時系列データがある。

時間に依存して変化しない静的なデータでは、そのデータ単一での特徴を扱う。一般にデータの特徴量は、画像などでは、画像全体に占めるRGBの比率や、2値化したときの面積、画像中のエッジの数などさまざまなものが考えられる。また、前後左右の4方向にある超音波センサに対しては、先に述べたように、各々の方向での距離の比率、例えば、前後方向が左右方向に比べて長いとか、前方向のみ距離が長く、その他は距離が短いなどの前後方向対左右方向の距離比率などが特徴量として挙げられる。以上が静的データの特徴抽出方法の例である。

【0037】

時系列データの場合には、得られたデータの時間変化を特徴量として抽出する。これには、時々刻々に得られるセンサデータの時間差分を用いる。例えば、時刻 t と $t + \Delta t$ に得られた画像間の画像全体に占めるRGBの比率の差分や、2値化したときの面積の差分、画像中のエッジの数の差分などである。超音波セン

サからの入力についても、状態変化に着目するときには、時刻 t と $t + \Delta t$ に得られたセンサデータの差分を取る。あるいは、ロボットが移動する際の速度や加速度など（これらはすでに時間要素を含んでいる）を特徴量として用いる。

【0038】

〔3〕特徴比較・分類手段

特徴比較・分類手段3は、大きく分けて用語付きデータベース6に登録されている用語付きのデータ群と比較する特徴比較部と、用語付きのデータ群に一致するものがない場合に用語未決定データベース7に登録するために分類する特徴分類部とからなる。

【0039】

〔3-1〕特徴比較部

特徴比較部は、特徴抽出された特徴量 T_i ($i = 0, \dots, n-1$)、または特別な特徴抽出をしない場合には、超音波センサデータそのものを受け取って、それが用語付きデータベース6中の k 個のデータ群と一致するかどうかの比較を行う部分である。 k 個のデータ群は、それぞれ m_g 個の要素を持つ。なお、 m_g は必ずしも一定の数でなくてもよい。図6は、この処理の流れを示したフローチャートである。

【0040】

特徴の比較では、まず特徴量 T_i を入力する（図6のS11）。次に、用語付きデータベース6中のデータ群の個数 k をカウントするループ変数 g を0に初期化設定する（S12）。その後、変数 g が k 以上になるまで（S13）、 g を1ずつインクリメントしながら（S21）、 i が0から $(n-1)$ までの特徴量 T_i と、 j が0から $(m_g - 1)$ までの特徴量 T_j との類似性を比較する（S14～S20）。ここで、 T_j は用語付きデータベース6中の g 番目のデータ群にある j 番目の特徴量である。

【0041】

初期化時には、用語付きデータベース6には何らデータが蓄積されていないので（ $k = 0$ ）、比較対象がなく、比較結果は「一致なし」として、特徴量 T は、特徴分類部にそのまま送られる。用語付きデータベース6に何らかのデータがあ

る場合には、特徴量同士の類似性を計算し、一致判定を行う。特徴量Tの類似性は、例えばその値間の距離Lを用いて計算する。

【0042】

$$L = (T_i - T_j)^2 \quad (i \neq j)$$

特徴量がベクトルで表されている場合には、その各々の成分ごとの距離の総和を距離Lとする。距離Lがある閾値εよりも小さければ、それらのセンサデータは「一致あり」と見なされる。「一致あり」と判定された特徴量 T_i は、用語付きデータベース6の該当するデータ群に蓄積されるとともに状況判断手段4に送られる。「一致なし」と判定された特徴量は特徴分類部に送られる。

【0043】

生データを用いる場合の具体的な類似性判定方法については、超音波センサのデータを例にとって説明する。超音波センサデータは8つの成分からなるベクトル量とする。まず、入力された超音波センサデータをD1とする。D1と類似したデータを検索するため、検索対象となるデータを一つ選択する。それをDtとする。D1とDtの類似度は、例えば、次式のような距離計算によって算出する。

【0044】

$$L = (D1 - Dt)^2$$

距離Lが小さいほどそれらは類似したデータであると推定できる。超音波でないセンサデータについても同様に処理をすることができる。各種センサについても、各成分の並びを同一にすれば、同じ方法で類似性の判定が可能である。

【0045】

[特徴量 $T > \alpha$ (α は定数)] というような基準で分類されたデータ群との比較では、 $T > \alpha$ であるかどうかをそのまま判定すればよい。

〔3-2〕特徴分類部

特徴比較・分類手段3の特徴分類部では、ある分類基準に従って、用語未決定データベース7から特徴量Tに類似するものがないか検索する。特徴分類部の処理手順は、図6で示したフローチャートとまったく同じであるが、比較する特徴量 T_j は用語未決定データベース7から選ぶこととなる。用語未決定データベ

ス7には、何らかの特徴量によって分類されたデータ群が存在する。各データ群を構成する任意のデータについて類似性判定を行う。ここで、すべてのデータについて比較しても構わない。類似性の判定には、例えば、その値間の距離Lを用いる。

【0046】

$$L = (T_i - T_j)^2 \quad (i \neq j)$$

距離Lがある閾値 ε よりも小さければ、それらの特徴量は類似していると思なされる。あるデータ群に属する任意のデータに対し、「類似している」という判定であれば、新しいデータをそのデータ群に登録する。もし、「類似していない」という判定がされると新しいデータは新たなデータ群として登録される。

【0047】

特徴抽出をしていない生データの分類についても、特徴比較部で用いたセンサの各成分毎の距離計算によって類似性の判定が可能である。

別の分類法では、特徴量Tがどのような値の範囲にあるかを基準として分類する。例えば「特徴量 $T > \alpha$ (α は定数)」というような基準で分類することもできる。これは、例えば速度が正なら前進、負なら後退、ゼロなら停止などと分類する際に用いる分類基準である。

【0048】

〔4〕用語付与手段

用語付与手段5は、一定データ量に達した用語未決定データベース7内のデータ群に対し、用語を付与する手段を提供する。図7は、用語付与手段5のフローチャートである。用語未決定データベース7内のあるデータ群は、センサデータが入力されるに従い、徐々にその構成データ数が増える。データ数がある一定量 β を超えた場合、該データには適当な用語が付けられる。用語を付与するには、例えば、人間にセンサデータを示して、このようなセンサデータが示す状態（ロボットの例ではロボットのいる場所）があるが、これをどう名付けるかを聞くことにする。

【0049】

すなわち、用語付与手段5は、図7（a）に示すように、用語未決定データベ

ース7内の1番目からk番目までのデータ群の要素の個数 m_g がある一定量 β より大きいかどうかを調べ(S31~S34), 大きいものがあつた場合には, 図7(b)に示す質問ルーチンを起動する(S35)。

【0050】

質問ルーチンでは, 人間が側にいるかどうかを判断し(S41), 人間が側にいない場合には処理を終了する。人間が側にいる場合には, 質問を提示し(S42), 用語を入力してもらう(S43)。入力した用語をデータ群に付与し(S44), それを用語付きデータベース6へ登録する(S45)。S42の質問の提示では, 例えば図8に示すようなユーザインタフェースを用いてデータ内容を表示し, 用語の入力を行う。

【0051】

この用語の付与についてさらに詳しく説明する。用語を付与する際は, できるだけ人間が使っている言葉で用語を付けることが望ましいが, データにそのような名前を自動的に付与するには, あらかじめ装置側がそのような知識を持っていなければ困難である。そこで, 図8に示すようなユーザインタフェースを用いて装置側が適宜人間に質問を行うことで, そのデータ群に用語を付与する。

【0052】

装置は, あらかじめ分類しておいたデータ群について, その分類基準とデータ内容を提示し, 人間に用語の付与を依頼する。分類基準は, 例えば, ロボットの回転速度という特徴量 $\Delta\theta/\Delta t$ に対し, $\Delta\theta/\Delta t > 0$ という基準で選んだ特徴である場合, $\Delta\theta/\Delta t > 0$ といったものが分類基準となる。さらに, これは時系列的な特徴であることから, 「これには動詞を付与するのが適当と思われます」等のアドバイスをユーザインタフェースに付与する。

【0053】

人間は, この分類基準から, このデータに「回転する」という用語を与える。ここでは, $\Delta\theta/\Delta t > 0$ に対しては, より適切には「左に回転する」であるが, このとき一般に, 人間には「左に」を付けた方がより適切であるとは思いつかない。この後, $\Delta\theta/\Delta t < 0$ という分類基準が提示されたときには, 「回転する」という用語を再び付けようとする。しかし, この「回転する」という用語は

すでに別のデータに付与されているので、装置は、これはすでに $\Delta \theta / \Delta t > 0$ という特徴を持つデータに付いていますというアドバイスを提示することによって、人間に $\Delta \theta / \Delta t > 0$ と $\Delta \theta / \Delta t < 0$ という2種類のデータ群があることを示唆することができる。この時点で $\Delta \theta / \Delta t > 0$ に対しては、「左に曲がる」、 $\Delta \theta / \Delta t < 0$ に対しては、「右に曲がる」のようにより厳密な用語を付与することができる。

【0054】

さらに、装置は、これら二つの用語に人間が同一の用語を付与しようとしたことが分かるので、これらの間に何か関係がありそうだと推論できる。そこで、装置は、さらにこれらのデータ群をまとめる用語を付与するかどうかを質問することが可能である。しかもこのとき、人間は、最初二つの異なるデータ群に対し「回転する」という用語を付与しようとしたので、これがこれらのデータ群に対する共通の用語だと推論できることとなる。そこで、装置は、「これらに『回転する』という用語を付与しますか？」と質問することができる。人間がこれらの質問にOKを答えれば、これら二つの用語に「回転する」という用語が付与される。OKしないなら、別の用語付与を求める。

【0055】

以降、この二つのデータ群を特定するための分類基準は、 $\Delta \theta / \Delta t > 0$ と $\Delta \theta / \Delta t < 0$ となる。

人間に聞けない場合には、まず適当な符号を付与しておいて、あとで必要に応じて人間に尋ね、あとから改名する。側に人間がいない場合、適当な用語を装置が勝手に付与しておく。もちろんこの場合、何の用語も付与しないというのでも構わない。側に人間がいるかどうかは、質問を発してから経過時間で判断したり、赤外線等のセンサを利用して人間の存在を確認することができる。

【0056】

次に、人間が側にいることがわかった場合には、前に質問できなかったデータ群に対する用語付与の質問を起動し、人間に用語を付与してもらう。

用語を付与されたデータ群は、用語未決定データベース7から用語付きデータベース6に移動し、保存される。また、生データ保存用データベース9に保存さ

れている生データに対しては、それがどのデータ群に属しているかがわかるような符号が付けられる。

【0057】

以上のようにして、取得された特徴量は、用語を付与されたデータベースに逐次分類、登録されることとなる。

用語を付与する際に、適当なユーザインタフェース等を用いて、用語を付与するが、そのときデータの特徴に応じて「名詞」、「動詞」、「形容詞」等を付ける。以下はその際の基準を示す。

【0058】

(1) 名詞の付与

物の名前はあるものの静的な状態を表すものであるので、名詞は、静的な特徴量に基づいて分類されたデータ、すなわち時系列でないデータに付けられる。

【0059】

(2) 動詞の付与

動詞は、時間的に変化するものや動作を表すものであるので、時系列の特徴量に基づいて分類されたデータに付けられる。

【0060】

(3) 形容詞の付与

形容詞は、ある特徴に対して、その量や性質を述べたものである。すなわち、動作が速いとか、量が多いなどである。したがって、ある特徴量があってその性質の違いを記述する場合には形容詞を用いる。ここで、ロボットが移動する場合を考えてみる。このとき、 $\Delta D i r / \Delta t$ が並進の特徴量を表すことにする。ある一つのセンサ信号系列から得られる $\Delta D i r / \Delta t$ が別のセンサ信号系列から得られる $\Delta D i r / \Delta t$ よりも大きい場合、前者は後者よりも速度が「速い」と名付ける。逆に後者は、前者よりも「遅い」と名付ける。また、ある一定の閾値を設け、この値よりも $\Delta D i r / \Delta t$ が大きいときには「速い」とし、遅いときには「遅い」と用語を与えてもよい。

【0061】

さらに、ファジィ理論を用いて用語を付与することもできる。この場合、「速

い」，「普通」，「遅い」に対応するメンバシップ関数を定義し，その度合いによって付与する用語を決める。このとき，特徴量は $\Delta D i r / \Delta t$ だけでなく，メンバシップ関数の定義も特徴量として加える。

【0062】

〔5〕状況判断手段

状況判断手段4は，判定中の特徴量とそれが一致する用語付きデータベース6のデータ群に付けられた用語を参照し，その内容によって現在の状況を判断する。例えば，「廊下」の用語を持つデータ群を参照し，現在の特徴量が「廊下」に一致すると判断した場合，状況を「廊下」にいると判断する。すなわち，入力データの判断を，用語付きデータベース6にあるデータと比較することによって行い，さらにその用語データに付けられた名前を用いて入力データの状況を判断する。

【0063】

図9は，状況判断手段のフローチャートを示したものである。

用語付きデータベース6から一致した特徴量リストのデータ名（用語）を取得する（S51）。取得したデータ名で現在の状況を表し（S52），状況を表示する（S53）。必要に応じて状況に応じた処理を行う（S54）。例えばロボットの超音波センサから得たデータの特徴量が「左コーナ」であれば，「左へ90度回転した後，前進。」というような制御を行う。

【0064】

〔6〕データ群削除手段

ある期間経過後，用語未決定データベース7に蓄えられたデータのうち，一定期間を経過しても所定のデータ数に達しないデータは，何らかの原因，おそらくノイズ等によって大きな誤差を含んだデータである可能性が高い。そのようなデータは，用語を付与するほどの信頼性を持ったデータとは言い難いので，削除する。これをデータ群削除手段10が行う。あるいは，何らかの特異な性質をもつデータかもしれないので，このような際には，データは削除しなくてもよい。

【0065】

〔7〕生データ保存用データベース

図10は、生データ保存用データベースが保存するデータ形式の例を示す。

生データ保存用データベース9は、情報入力装置1から得たデータをそのまま保存しておくためのデータベースで、例えば図10に示すように、システムが自動的に付与するデータの識別番号、データの取得時刻、センサの種類、データの内容が格納される。また、この例では、特徴量の種類と特徴量も生データ保存用データベース9に格納されるようになっている。センサデータが時系列の場合にも、同様にデータの識別番号、データの取得時刻、センサの種類、データ内容が格納される。また、特徴量の種類、特徴量についても同様に保存しておくことができる。

【0066】

〔8〕用語未決定データベース、用語付きデータベース

図11（a）は、用語未決定データベースのデータ形式の例を示す。

用語未決定データベース7には、分類されたデータ群（グループ）の識別番号、グループに属するデータ数、グループに付けられた仮の用語、用語の仮の品詞、分類基準となる特徴量の種類、分類基準およびこのグループに属するデータの識別番号が格納される。グループに付けられる仮の用語およびその用語の仮の品詞は、装置がセンサまたはデータの状況によって自動的に付与する。

【0067】

図11（b）は、用語付きデータベースのデータ形式の例を示す。

用語付きデータベース6には、用語未決定データベース7のデータのグループに対して用語付与手段5が用語を付与したものが登録される。データ形式は、用語未決定データベース7と同様であるが、仮の用語、仮の品詞ではなく、用語付与手段5によって付与された用語、品詞の情報を持つ。

【0068】

〔9〕階層型ニューラルネットを用いた実現例

次に、階層型ニューラルネットを用いて特徴抽出を行う例について説明する。特徴抽出手段2は、汎用のプロセッサを用いて実現することもできるが、以下のように階層型ニューラルネットのニューロコンピュータを用いて実現することもできる。

【0069】

図12は、5層のニューラルネットを用いて、特徴抽出する方法を示したものである。

この階層型ニューラルネットには、入力と出力が同じ値になるように教師データを与えて学習させる。すなわち、恒等写像を学習させる。図3に示した8個の超音波センサからなるロボットでは、超音波センサからの8個の値をニューラルネットへの入力とし、この入力とまったく同じ8個の超音波センサの値を教師データとして、入力と出力の値が常に同じになるように学習させる。このとき、ニューラルネットのある中間層の出力をそのデータの特徴量とする。

【0070】

ニューラルネットの各ユニットの出力値は、 ± 1 の範囲になるように調節してある。ここでは、3層目の出力を用いることとする。中間層は複数ある場合が一般的なので、特徴量としては、それらの出力のベクトルとなる。図12の例では、3層目の出力ユニットは、二つにしてあり、この各々のユニット（unit 0, unit 1）の出力を特徴量とする。特徴量の類似性は、前述した距離Lで求める。

【0071】

図13は、図3における移動ロボットがさまざまな廊下（12種類：（A）～（M））に置かれた場合の状態を示している。また、図14は、ロボットに搭載された8個の超音波センサの値を示している。

【0072】

図14に示す12種類のデータを、図12のニューラルネットに学習させ、第3層の中間層の出力値を、unit 0を横軸、unit 1を縦軸にとってプロットしたものが図15である。図15を見ると、12種類のセンサデータが適当な位置に分散していることがわかる。したがって、各点からの距離を、例えば0.2としてその範囲内にあるデータを分類することができる。そのときの各ユニットの出力値は、図16に示した通りである。

【0073】

図17は、ロボットを、図3に示した廊下の範囲内で適当に移動させ、その時

の超音波センサデータを取得して、すでに学習済みのニューラルネットに入力したときの第3層の出力を図15と同様にプロットしたものである。学習データに対応する出力は黒丸（●）で、新たに分類したデータは菱形（◇）で示してある。この結果、分類対象のデータは、一部のデータを除いて、0.2という距離内にあることがわかる。したがって、学習したデータに付けられた名前、例えば、（A）なら「十字路」、（B）なら「廊下」といった名前による状況判断ができる。

【0074】

この実施の形態の場合には、用語付きデータベース6に入るべきデータ（最初の12種類のデータに相当）をあらかじめ人間が指定し、その用語にも名前を付けてあるので、効率的な用語設定と状況判断が可能である。

【0075】

〔10〕時系列データを特徴量として用いる場合の例

次に、時系列データを特徴量として用いる場合の実施の形態を、移動ロボットの移動時における例に基づいて説明する。移動ロボットは通常、前進後退と回転（操舵）の2種類のモータを有することが多い。この2種類のモータにその回転を検出できるセンサ、例えばエンコーダを備えているものとする。このとき、ロボットに移動命令を与えて移動させ、その移動中にロボットの位置を逐次測定する。

【0076】

前進後退用のモータが回転するとエンコーダの値も変化するので、この変化する状態を検出する。すなわち、特徴抽出手段2で、エンコーダの変化の状態を特徴量として抽出する。この特徴量は、前進後退の方向によって、前進がプラス、後退がマイナスとなるようにすることができる。また、その変化の割合、すなわち速度も特徴量として検出できる。つまり、ここで検出した特徴量は、速度とその符号である。

【0077】

これらの特徴比較・分類手段3に送る。用語付きデータベース6を参照して速度に関するデータ群との比較を行い、符号がプラスかマイナスかによって前進、

後退という用語が選択できるように用語を付与しておく。こうすれば、状況判断時に前進するとか後退するといった状況判断が可能である。

【0078】

具体的に説明する。ロボットの位置データは、ロボットが移動するにつれて変化するので、時系列的に得られる。得られたデータ群を S_1, \dots, S_n とすると、これらは、ある時間間隔 Δt において得られた時系列データである。このとき、各データ間の差分 ΔS を考える。

【0079】

$$\Delta S_i = (S_i - S_{i-1}) / \Delta t \quad i = 1, \dots, n$$

ΔS_i は、ロボットが Δt の間に位置がどれだけ変化したかを表す。これを特徴量として、先のデータ分類法に従ってデータを分類する。位置データにロボットの姿勢も考慮し、 S の成分を x, y, θ とする。 x, y は2次元平面内の移動量を表し、 θ はロボットの回転量を表す。 ΔS は、 θ だけが変化するような場合には、回転している状態を意味し、 x, y だけが変化するような場合には、並進運動をしていることを意味する。すなわち、類似データを $\Delta \theta > 0$ というような基準で選択すると、これは、左回転中と判断でき、そのデータ集合に対して用語を例えば「左に曲がる」と命名する。 $\Delta \theta < 0$ なら「右に曲がる」とする。

次に、 $\Delta \theta = 0$ の場合を考える。このとき、ロボットの進行方向は、 $Dir = \text{ATAN}(y/x)$ で表され、 $\Delta Dir > 0$ なら、ロボットは「前に進む」状態にあり、 $\Delta Dir < 0$ なら、ロボットは「後ろに進む」状態にあると判断できる。 $\Delta \theta = 0, \Delta x = 0, \Delta y = 0$ なら、ロボットは停止中、両方ともある値を持つならロボットは並進しながら、回転しているという状態、つまり、カーブを曲がっていることになる。

【0080】

以上のような方法で、データ間の類似度を計算し、類似性があると認められる場合には、それぞれのデータにある種のフラグを付ける。このフラグは後から検索したときに、それらのデータが同じグループに属することがわかるような形で付けておく。類似性が認められない場合には、最初に得られた特徴量とは別のフラグを付ける。

【0081】

このようにして、センサ入力がある度に特徴抽出を行って、その特徴を分類し保存する。

以上、主として本発明を移動ロボットに適用した例について説明したが、もちろん、本発明は移動ロボットに限らず、センサからの入力によって何らかの処理または判断を行うシステムに、同様に適用することができる。

【0082】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、センサデータの処理について、センサからの入力データを分類し保存する機構と、これらの分類されたデータ群に適切な用語を与える機構を有することで、得られたセンサデータからその場の状況や状態を正しく判断することが可能となる。また、膨大なデータを効率よく簡略化して記憶し、状況判断が必要になったときに取り出して比較できることから、よりよいデータの利用技術を提供することか可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の構成例を示す図である。

【図2】

本発明を実現するためのハードウェア構成例を示す図である。

【図3】

超音波センサをもつ移動ロボットがある環境に置かれている例を示す図である。

【図4】

センサデータの一例を示す図である。

【図5】

特徴抽出手段のフローチャートである。

【図6】

特徴比較・分類手段のフローチャートである。

【図7】

用語付与手段のフローチャートである。

【図8】

用語付与手段のユーザインターフェースを示す図である。

【図9】

状況判断手段のフローチャートである。

【図10】

データベースのデータ形式例を示す図である。

【図11】

データベースのデータ形式例を示す図である。

【図12】

ニューラルネットを用いた実施例を示す図である。

【図13】

センサデータの特徴分類例を示す図である。

【図14】

センサデータの例を示す図である。

【図15】

ニューラルネットによる学習例を示す図である。

【図16】

用例データ例を示す図である。

【図17】

ニューラルネットによる分類結果を示す図である。

【符号の説明】

- 1 情報入力装置
- 2 特徴抽出手段
- 3 特徴比較・分類手段
- 4 状況判断手段
- 5 用語付与手段
- 6 用語付きデータベース
- 7 用語未決定データベース

8 データ群

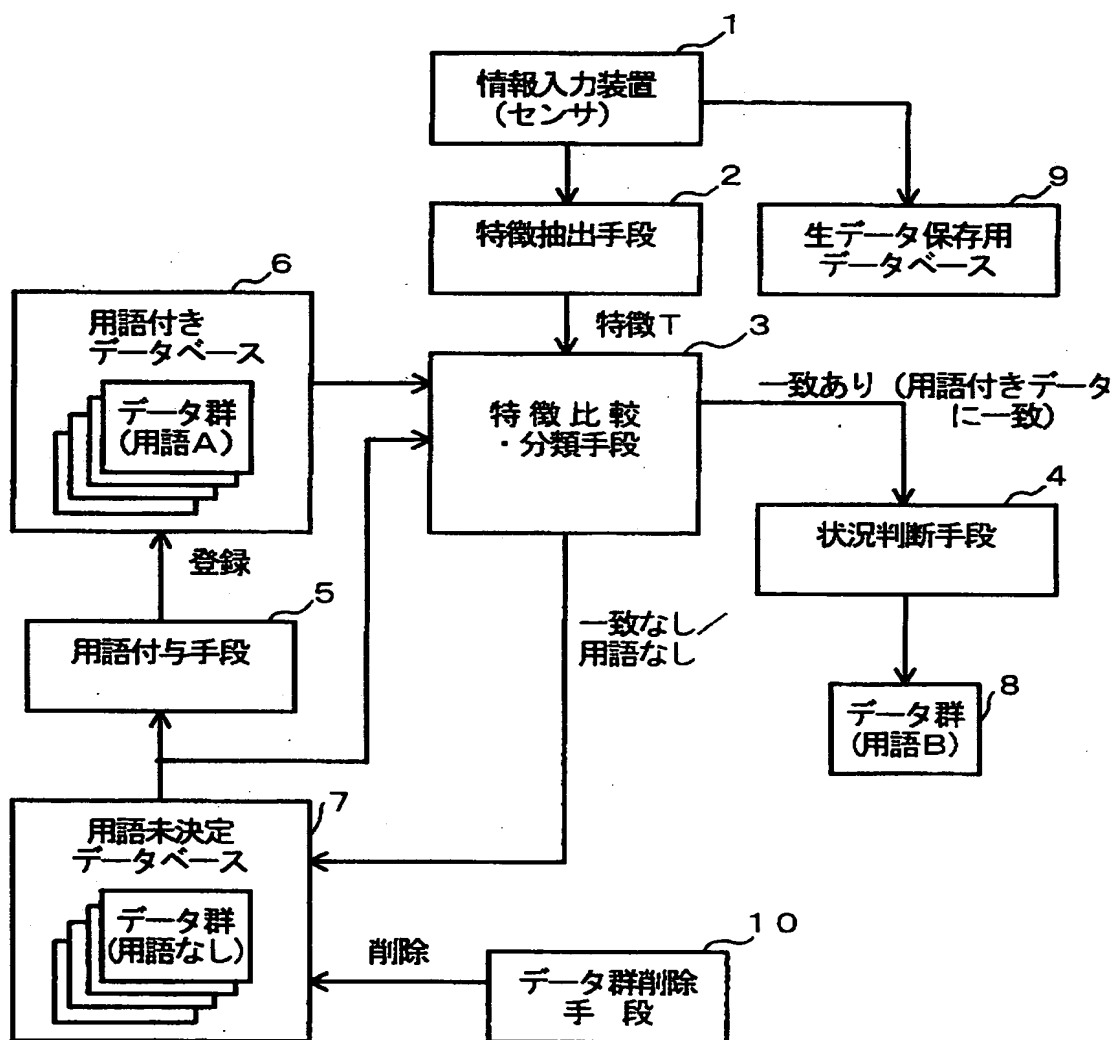
9 生データ保存用データベース

10 データ群削除手段

【書類名】 図面

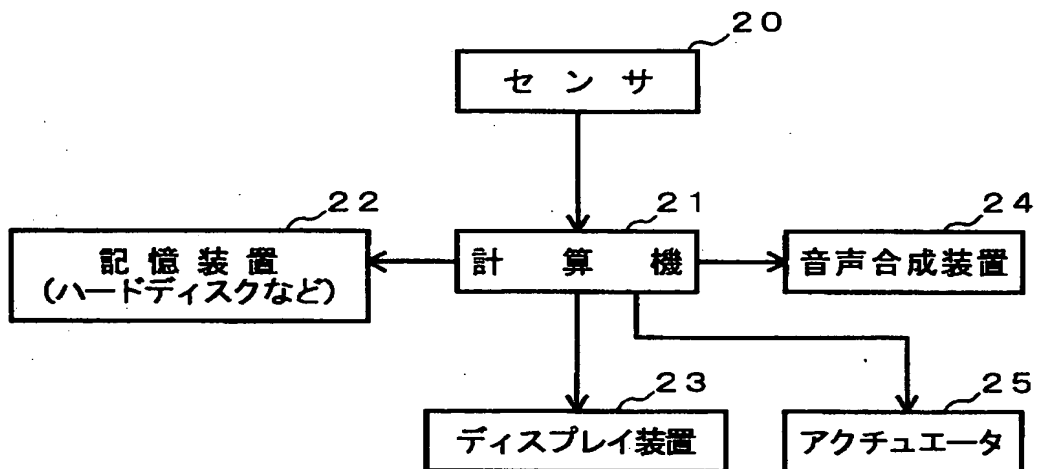
【図1】

本発明の構成例

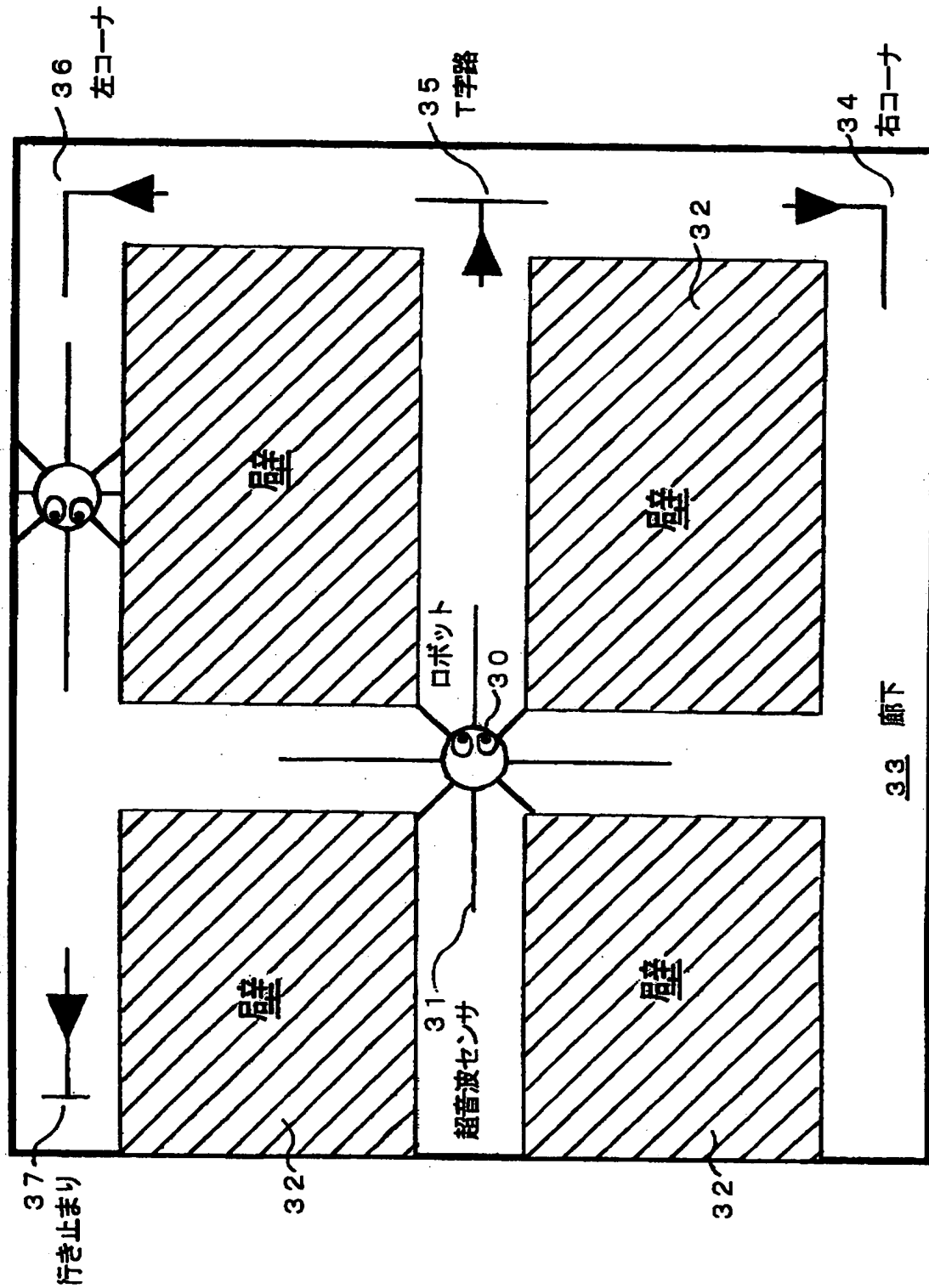


【図2】

ハードウェア構成例



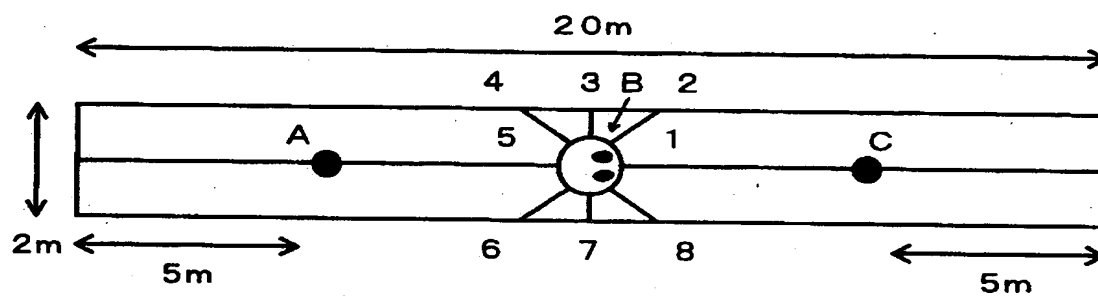
【図3】



【図4】

センサデータの例

(a)

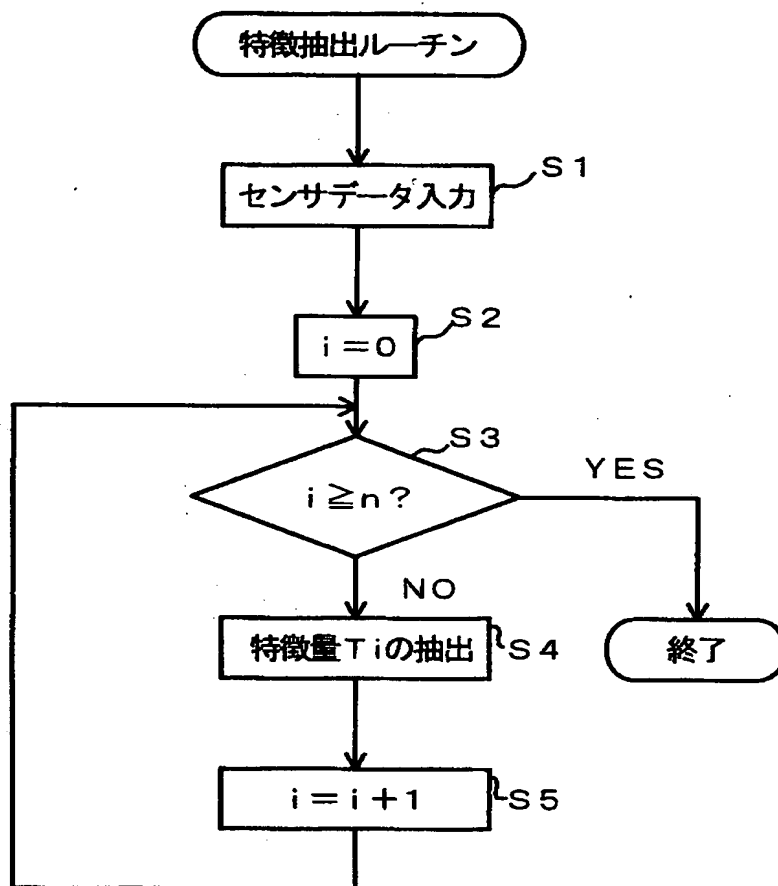


(b)

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	10.0	1.0	0.6	1.0	4.6	1.0	0.6	1.0
B	9.6	1.0	0.6	1.0	9.6	1.0	0.6	1.0
C	4.6	1.0	0.6	1.0	10.0	1.0	0.6	1.0

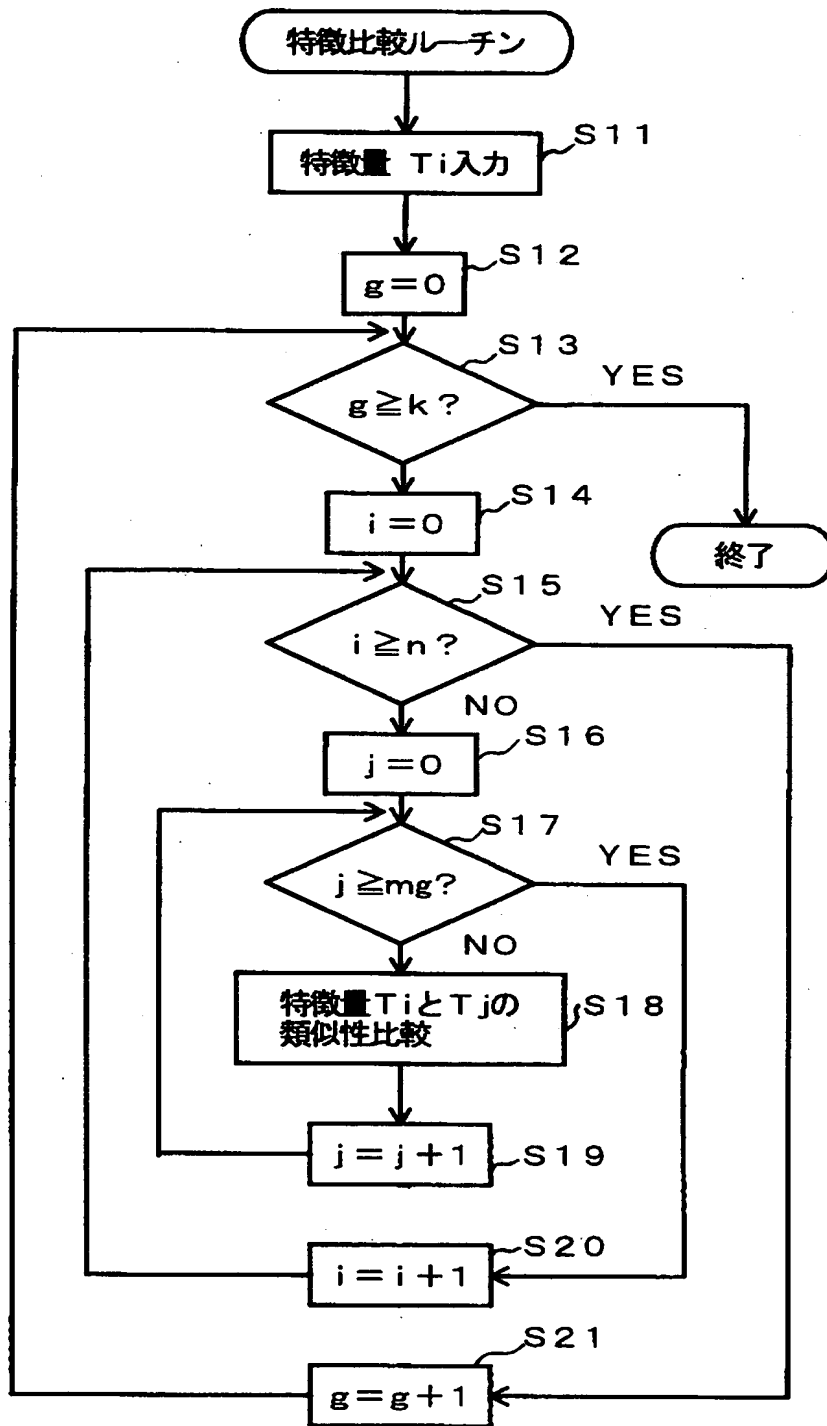
【図5】

特徴抽出手段のフローチャート



【図6】

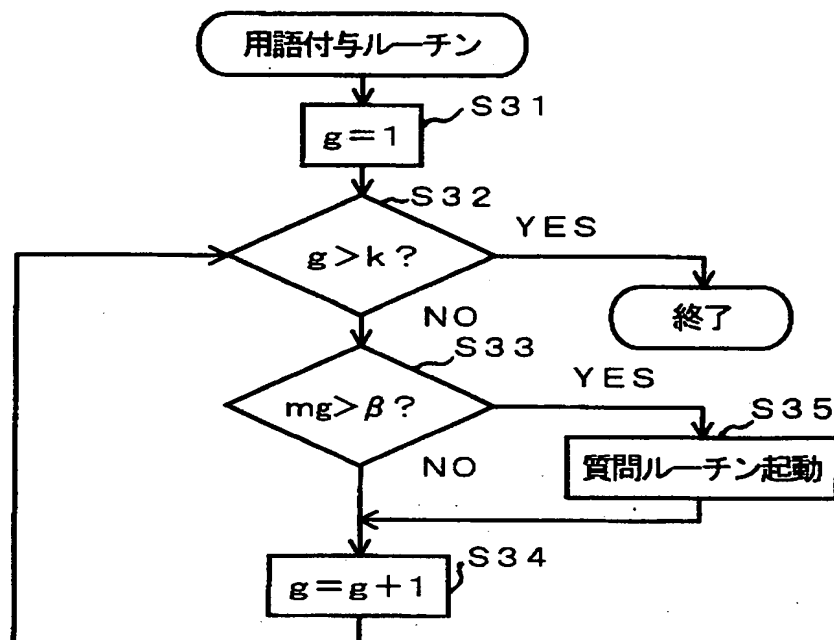
特徴比較・分類手段のフローチャート



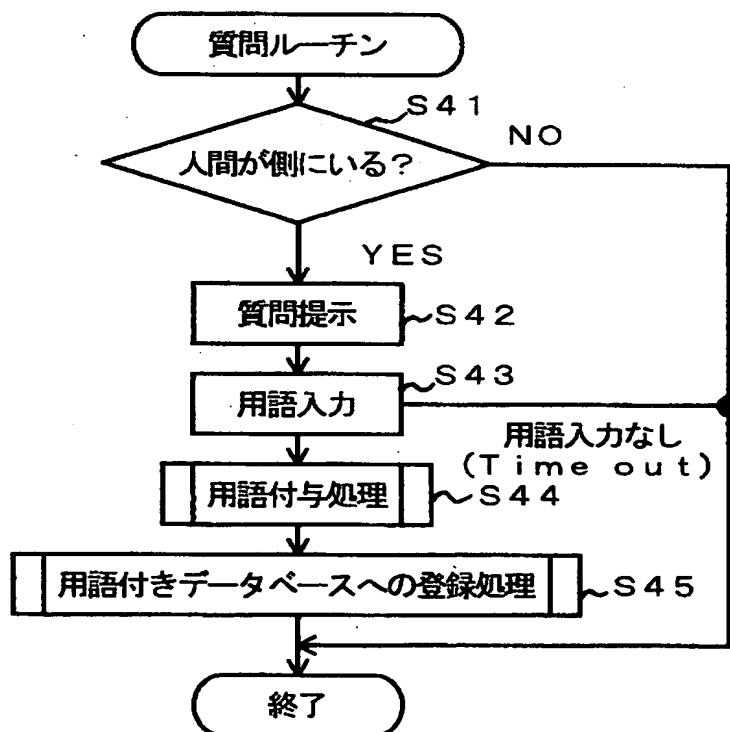
【図7】

用語付与手段のフローチャート

(a)



(b)



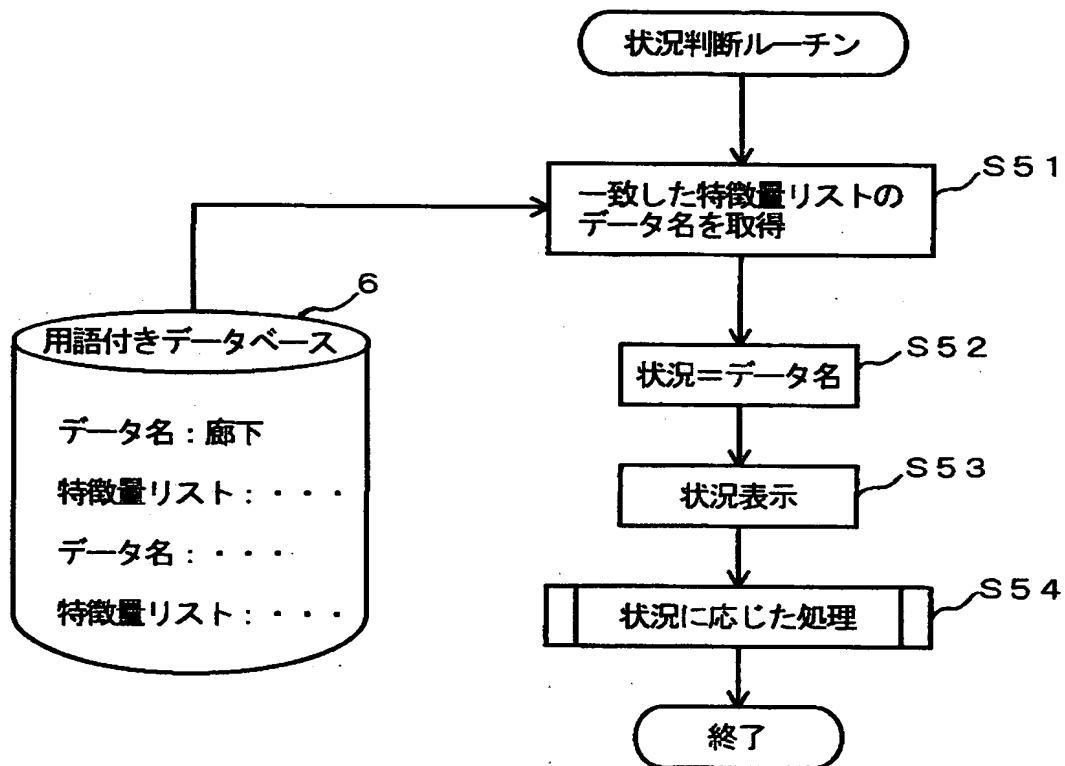
【図8】

用語付与手段のユーザインターフェース

質問	<p>下のリストのようなデータを得ました。 用語をつけてください。</p>	用語入力:
データ内容	<p>データ数: 10 特徴内容: $\Delta \theta / \Delta t > 0$ データリスト: Data1: 10.0 Data2: 11.0 Data3: 12.0 </p>	<p>品詞: _____ 用語: _____</p>
		おすすめ:
		<p>品詞: 動詞 _____ 用語: 回転する _____</p>

【図9】

状況判断手段のフローチャート



【図10】

データベースのデータ形式例

生データ保存用データベースのデータ例：

ID: 0001	(データの識別番号)
Time: 1990.11.11 10:00:00	(データの取得時刻)
Sensor ID: US	(センサの種類)
Data: 1.0 1.0 1.0	(データ内容)
Character: Ufr/Url	(特徴量の種類)
Data: 16.0	(特徴量)

.....

ID: 0002

.....

時系列の場合：

....

ID: 000100	(データの識別番号)
Time: 1990.11.11 10:00:00	(データの取得時刻)
Sensor ID: Theta	(センサの種類)
Data: 1.0.	(データ内容)
Character: Delta-Theta/Delta-Time	(特徴量の種類)
Data: 0.3(SID: 000099)	(特徴量)

.....

ID: 000101

.....

【図 1 1】

データベースのデータ形式例

(a) 用語未決定データベース

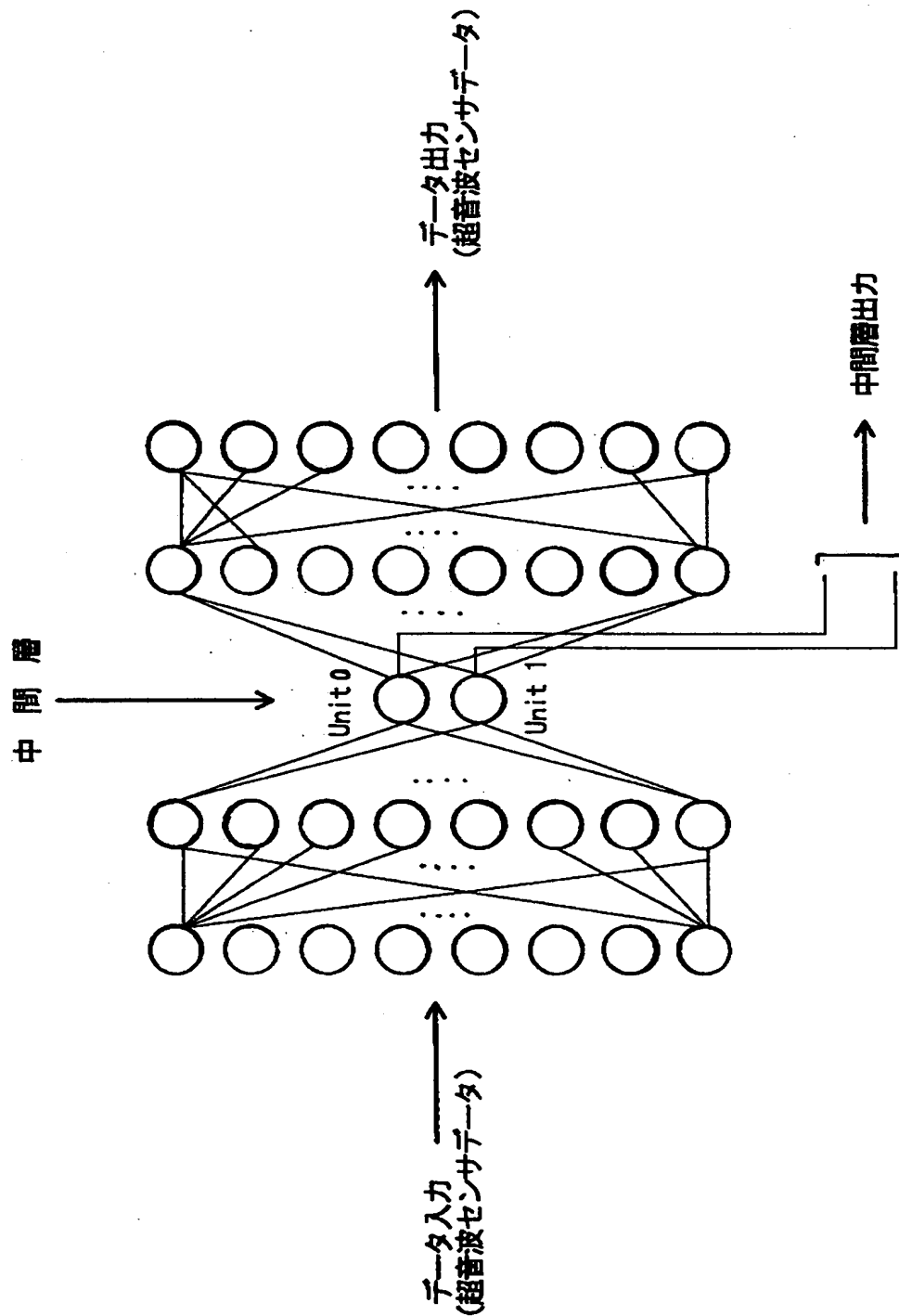
UGID: 0001	(グループの識別番号)
Number: 5	(グループに属するデータ数)
Name: unknown1	(グループに付けられた仮の用語)
Category: unknown	(用語の仮の品詞)
Character: Ufr/Url	(分類基準となる特徴量の種類)
Data: > 10.0	(分類基準)
ID: 0001, 0003, 0006,.....	(グループに属するデータの識別番号)
UGID: 0002	
.....	

(b) 用語付きデータベース

UGID: 0001	(グループの識別番号)
Name: Corridor	(グループに付けられた用語)
Category: noun	(用語の品詞)
Number: 25	(グループに属するデータ数)
Character: Ufr/Url	(分類基準となる特徴量の種類)
Data: > 10.0	(分類基準)
ID: 0001, 0003, 0006,.....	(グループに属するデータの識別番号)
UGID: 0002	
.....	

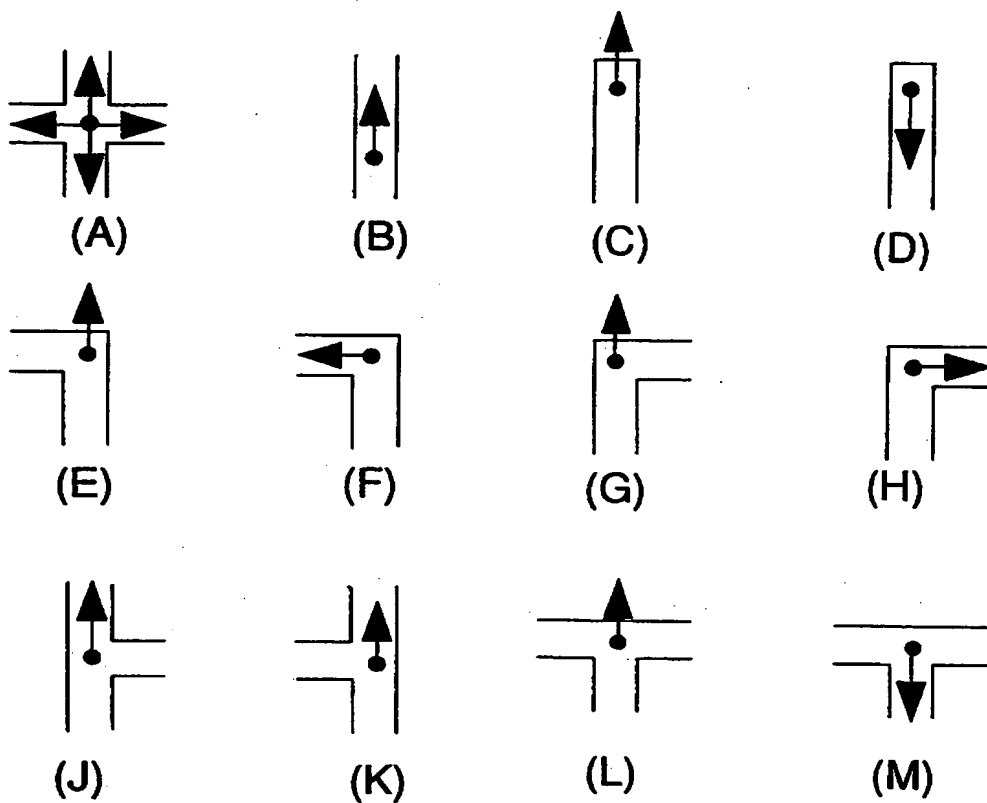
【図12】

ニューラルネットを用いた実施例



【図13】

センサデータの特徴分類例



● : ロボットの位置

↑ : ロボットの方向

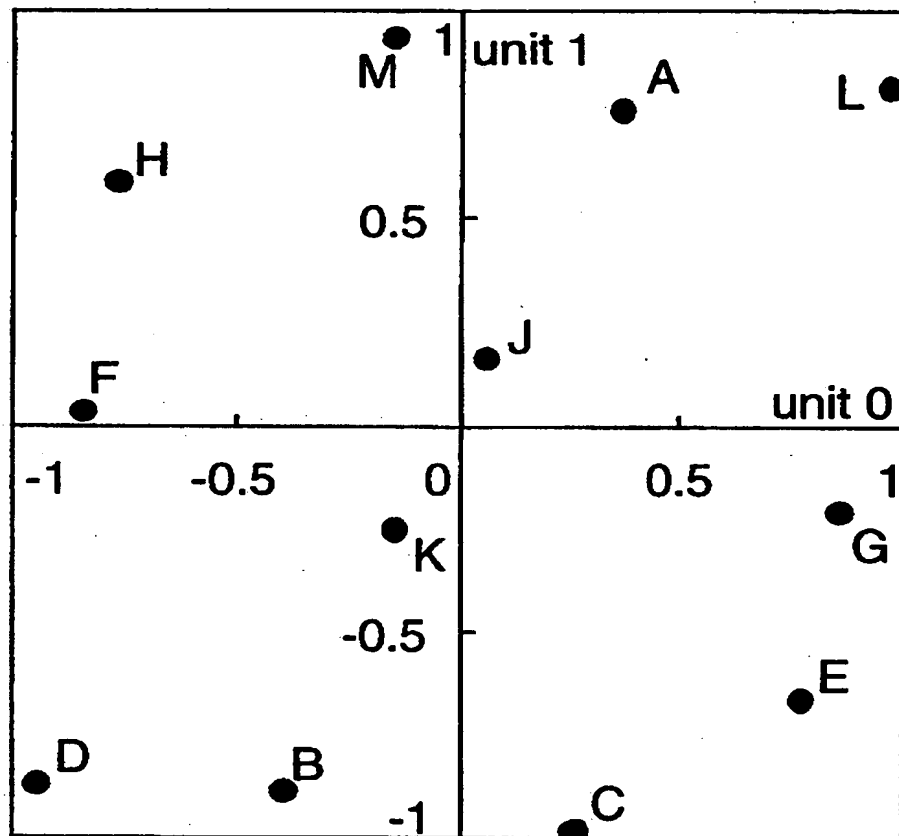
【図14】

センサデータ例

センサNo. 名前	1	2	3	4	5	6	7	8
(A)	9.60	1.01	9.60	1.01	9.60	1.01	9.60	1.01
(B)	9.60	1.01	0.60	1.01	9.60	1.01	0.60	1.01
(C)	0.60	1.01	0.60	1.01	9.60	1.01	0.60	1.01
(D)	9.60	1.01	0.60	1.01	0.60	1.01	0.60	1.01
(E)	0.60	1.01	9.60	1.01	9.60	1.01	0.60	1.01
(F)	9.60	1.01	9.60	1.01	0.60	1.01	0.60	1.01
(G)	0.60	1.01	0.60	1.01	9.60	1.01	9.60	1.01
(H)	9.60	1.01	0.60	1.01	0.60	1.01	9.60	1.01
(J)	9.60	1.01	0.60	1.01	9.60	1.01	9.60	1.01
(K)	9.60	1.01	9.60	1.01	9.60	1.01	0.60	1.01
(L)	0.60	1.01	9.60	1.01	9.60	1.01	9.60	1.01
(M)	9.60	1.01	9.60	1.01	0.60	1.01	9.60	1.01

【図15】

ニューラルネットによる学習例



特徴の学習結果

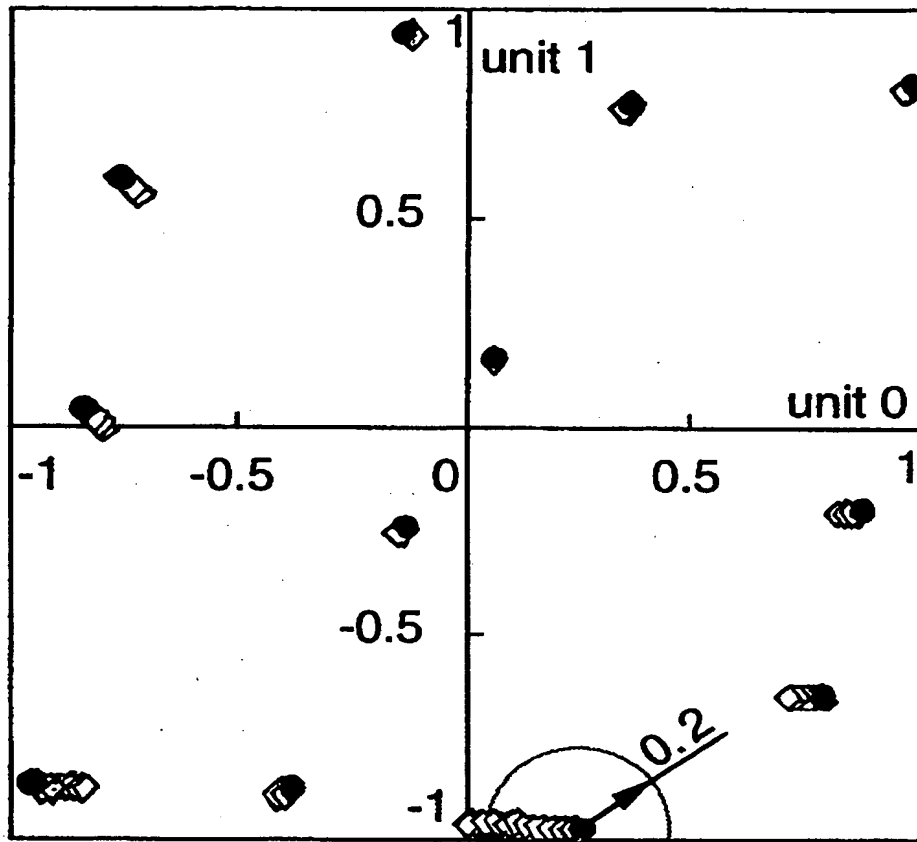
【図16】

用例データ例

仮の用語	Unit 0	Unit 1	誤差	用 例
(A)	0.36	0.77	0.20	十字路
(B)	-0.39	-0.88	0.20	廊下
(C)	0.26	-0.98	0.20	行き止まりへ
(D)	-0.95	-0.87	0.20	行き止まりから
(E)	0.77	-0.65	0.20	左コーナへ
(F)	-0.83	0.04	0.20	左コーナから
(G)	0.86	-0.20	0.20	右コーナへ
(H)	-0.76	0.60	0.20	右コーナから
(J)	0.07	0.17	0.20	右空き
(K)	-0.13	-0.24	0.20	左空き
(L)	0.97	0.81	0.20	T字路へ
(M)	-0.13	0.95	0.20	T字路から

【図17】

ニューラルネットによる分類結果



分類結果

- 特徴
- ◇ 分類結果

【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 ロボット等に用いられるセンサデータの処理技術に関し、センサデータの新しい分類手段を提供し、膨大なデータを効率よく簡略化して記憶し、状況判断が必要になったときに取り出して比較することにより、容易に状況判断を行い、状況に応じた処理を実行できるようにすることを目的とする。

【解決手段】 センサ1からの入力を直接または加工して分類したデータ群を、分類ごとに用語を付けて用語付きデータベース6として管理する。センサ入力があったときに、特徴抽出手段2により特徴を抽出し、特徴比較・分類手段3により用語付きデータベース6を用いて、そのセンサ入力を分類する。用語付きデータベース6に分類されているデータ群のどれにも類似しないときには、用語未決定データベース7にそれらのデータを分類して一時的に記憶し、後に用語付与手段5によりそれらのデータ群に対して用語を付与し、用語付きデータベース6に登録する。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】
【識別番号】 000005223
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】 申請人
【識別番号】 100087848
【住所又は居所】 東京都荒川区西日暮里5丁目11番8号三共セントラルプラザビル5階
【氏名又は名称】 小笠原 吉義
【選任した代理人】
【識別番号】 100074848
【住所又は居所】 東京都荒川区西日暮里5丁目11番8号三共セントラルプラザビル5階
【氏名又は名称】 森田 寛
【選任した代理人】
【識別番号】 100087147
【住所又は居所】 東京都荒川区西日暮里5丁目11番8号三共セントラルプラザビル5階
【氏名又は名称】 長谷川 文廣

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日	1996年 3月26日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社